

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

To:

Commissioner
US Department of Commerce
United States Patent and Trademark
Office, PCT
2011 South Clark Place Room
CP2/5C24
Arlington, VA 22202
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 23 May 2001 (23.05.01)	
International application No. PCT/JP00/06070	Applicant's or agent's file reference RR01-PCT
International filing date (day/month/year) 06 September 2000 (06.09.00)	Priority date (day/month/year) 08 September 1999 (08.09.99)
Applicant SEKI, Hajime	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒

in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

05 March 2001 (05.03.01)

☐

in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was☐

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Maria Kirchner Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	--

PCT

国際予備審査報告

(法第12条、法施行規則第56条)
〔PCT36条及びPCT規則70〕

REC'D 07 DEC 2001

WIPO

PCT

出願人又は代理人 の書類記号 RR01-PCT	今後の手続きについては、国際予備審査報告の送付通知（様式PCT/ IPEA/416）を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JPO0/06070	国際出願日 (日.月.年) 06.09.00	優先日 (日.月.年) 08.09.99
国際特許分類 (IPC) Int.Cl ⁷ G06F9/38		
出願人 (氏名又は名称) 関 一		

1. 国際予備審査機関が作成したこの国際予備審査報告を法施行規則第57条（PCT36条）の規定に従い送付する。

2. この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 3 ページからなる。

☒ この国際予備審査報告には、附属書類、つまり補正されて、この報告の基礎とされた及び／又はこの国際予備審査機関に対してした訂正を含む明細書、請求の範囲及び／又は図面も添付されている。
(PCT規則70.16及びPCT実施細則第607号参照)
この附属書類は、全部で 3 ページである。

3. この国際予備審査報告は、次の内容を含む。

- I ☒ 国際予備審査報告の基礎
- II ☐ 優先権
- III ☐ 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
- IV ☐ 発明の単一性の欠如
- V ☒ PCT35条(2)に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
- VI ☐ ある種の引用文献
- VII ☐ 国際出願の不備
- VIII ☐ 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 05.03.01	国際予備審査報告を作成した日 27.11.01	
名称及びあて先 日本国特許庁 (IPEA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 酒井 恭信 電話番号 03-3581-1101 内線 3546	5B 9190

I. 国際予備審査報告の基礎

1. この国際予備審査報告は下記の出願書類に基づいて作成された。(法第6条(PCT14条)の規定に基づく命令に
応答するために提出された差し替え用紙は、この報告書において「出願時」とし、本報告書には添付しない。
PCT規則70.16, 70.17)

☐ 出願時の国際出願書類

☒ 明細書 第 1, 2, 4, 5, 7-10 ページ、 出願時に提出されたもの
明細書 第 ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
明細書 第 3, 6 ページ、 21.03.01 付の書簡と共に提出されたもの

☒ 請求の範囲 第 2 項、 出願時に提出されたもの
請求の範囲 第 項、 PCT19条の規定に基づき補正されたもの
請求の範囲 第 項、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
請求の範囲 第 1 項、 21.03.01 付の書簡と共に提出されたもの

☒ 図面 第 1, 2 ページ/図、 出願時に提出されたもの
図面 第 ページ/図、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
図面 第 ページ/図、 付の書簡と共に提出されたもの

☐ 明細書の配列表の部分 第 ページ、 出願時に提出されたもの
明細書の配列表の部分 第 ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
明細書の配列表の部分 第 ページ、 付の書簡と共に提出されたもの

2. 上記の出願書類の言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願の言語である。

上記の書類は、下記の言語である _____ 語である。

- ☐ 国際調査のために提出されたPCT規則23.1(b)にいう翻訳文の言語
☐ PCT規則48.3(b)にいう国際公開の言語
☐ 国際予備審査のために提出されたPCT規則55.2または55.3にいう翻訳文の言語

3. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際予備審査報告を行った。

- ☐ この国際出願に含まれる書面による配列表
☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出された書面による配列表
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった
☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

4. 補正により、下記の書類が削除された。

☐ 明細書 第 _____ ページ
☐ 請求の範囲 第 _____ 項
☐ 図面 図面の第 _____ ページ/図

5. ☐ この国際予備審査報告は、補充欄に示したように、補正が出願時における開示の範囲を越えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT規則70.2(c) この補正を含む差し替え用紙は上記1.における判断の際に考慮しなければならず、本報告に添付する。)

V. 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条（PCT35条(2)）に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性 (N)

請求の範囲

請求の範囲

1, 2

有

無

進歩性 (IS)

請求の範囲

請求の範囲

1, 2

有

無

産業上の利用可能性 (IA)

請求の範囲

請求の範囲

1, 2

有

無

2. 文献及び説明 (PCT規則70.7)

文献1: JP 6-230961 A (モトローラ・インコーポレイテッド)
19. 8月. 1994 (19. 08. 94), 全文, 全図
& US 5694564 A & EP 606697 A

請求の範囲1, 2に記載された発明は、国際調査報告で引用された文献1により新規性を有さない。

以下のような前処理が行われる。

(a) デスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対し、命令順の符号を付す。この符号は将来フリー・リストから取り出され割り付けられる物理レジスタ番号に置き換えられるべき指標である。

(b) ソース・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対し、同時にレジスタ・リネーミングが行われる命令と RAW (read-after-write) 依存関係にある場合に、その依存関係にある命令のデスティネーション・オペランドに付される符号を付す。

上記のような前処理の後に、命令群中にオペランドとして示される論理レジスタ番号をそれぞれ適切な物理レジスタ番号にリネームする。符号を付された論理レジスタ番号は、それぞれ付された符号に対応してフリー・リストから取り出され割り付けられる物理レジスタ番号にリネームする。符号を付されていない論理レジスタ番号は、それぞれマッピング・テーブルをアクセスして得られる物理レジスタ番号にリネームする。

同じタイミングで、マッピング・テーブルの内容の更新が行われる。即ち、命令群中でデスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号にそれぞれ対応するマッピング・テーブルのエントリの内容を、それぞれ付された符号に対応して割り付けられる物理レジスタ番号に書き換える。複数の命令において同じ論理レジスタ番号がデスティネーション・オペランドとして示されている場合には、その中の最後方に位置する命令に関する書き込みが有効となる。

以上のように、2段階で行う、即ちパイプライン化することによって、比較的単純な回路を用いて、1 サイクル当りより多くの命令のレジスタ・リネーミングを行うことが可能となる。

(1 a) デスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対し、@1, @2, ...と命令順の符号を付す。本実施例においては、符号@1, @2, @3, @4 は、F LにあるFレジスタ F1, F2, F3, F4 にそれぞれ対応するものである。

- 5 (1 b) ソース・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対し、同時にレジスタ・リネーミングが行われる命令と R A W (read-after-write) 依存関係にある場合に、その依存関係にある命令のデスティネーション・オペランドに付される符号を付す。即ち、2 番目以降に位置する命令の各々において、ソース・オペランドとして示される
10 論理レジスタ番号の各々をその命令以前に位置する命令のデスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号と比較し、一致する場合に同じ符号を付す。一致するものが複数個存在する場合には、その中の最後方に位置する命令におけるものを選択する。

② レジスタ・リネーミングの実行及びMTの内容の更新

- 15 上記のような前処理の後に、命令群中にオペランドとして示される論理レジスタ番号をそれぞれ適切な物理レジスタ番号にリネームし、MTの内容を更新する。具体的には、以下のような処理が行われる。

- 20 (2 a) 符号を付された論理レジスタ番号は、それぞれ付された符号に対応してF Lから取り出され割り付けられる物理レジスタ番号にリネームする。符号を付されていない論理レジスタ番号は、それぞれMTをアクセスして得られる物理レジスタ番号にリネームする。

- 25 (2 b) 命令群中でデスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号にそれぞれ対応するMTのエントリの内容を、それぞれ付された符号に対応して割り付けられる物理レジスタ番号に書き換える。複数の命令において同じ論理レジスタ番号がデスティネーション・オペランドとして示されている場合には、その中の最後方に位置する命

請 求 の 範 囲

1. (補正後) アーキテクチャ上規定されている論理レジスタの数を上
回る数の物理レジスタと、割り付けられていない物理レジスタの番号を
5 保持するフリー・リストと、各論理レジスタにそれぞれ対応して設けら
れた各エントリに物理レジスタ番号が書き込まれるようになっているマ
ッピング・テーブルとを具備する out-of-order 実行の可能なスーパースカ
ラ・アーキテクチャを採用するプロセッサにおいて、
同時にレジスタ・リネーミングが行われる複数の命令において、
- 10 (a) デスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番
号の各々に対し命令順の符号を付し、
(b) ソース・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対
し、同時にレジスタ・リネーミングが行われる命令と R A W
(read-after-write) 依存関係にある場合に、その依存関係にある命令のデ
15 スティネーション・オペランドに付される符号を付した後に、
符号を付された論理レジスタ番号は、それぞれ付された符号に対応し
て該フリー・リストから取り出され割り付けられる物理レジスタ番号に
リネームし、符号を付されていない論理レジスタ番号は、それぞれ該マ
ッピング・テーブルをアクセスして得られる物理レジスタ番号にリネー
20 ムするようなレジスタ・リネーミング方式。
2. 1クロック・サイクル当りレジスタ・リネーミングを行う命令の数だ
けの各々1つの物理レジスタ番号が書き込まれるようになっているFレ
ジスタと、各々のエントリに1つの物理レジスタ番号が書き込まれるよ
うになっているレジスタ・ファイルで構成される循環型のF I F Oキュー
25 を具備し、

割り付けが解除された物理レジスタの番号を随時該キューの末尾に加

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference RR01-PCT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/JP00/06070	International filing date (day/month/year) 06 September 2000 (06.09.00)	Priority date (day/month/year) 08 September 1999 (08.09.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G06F 9/38		
Applicant SEKI, Hajime		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>3</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>3</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 05 March 2001 (05.03.01)	Date of completion of this report 27 November 2001 (27.11.2001)
Name and mailing address of the IPEA/JP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP00/06070

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages 1,2,4,5,7-10, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages 3,6, filed with the letter of 21 March 2001 (21.03.2001)
- ☒ the claims:
pages 2, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages 1, filed with the letter of 21 March 2001 (21.03.2001)
- ☒ the drawings:
pages 1,2, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/JP 00/06070

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims		YES
	Claims	1, 2	NO
Inventive step (IS)	Claims		YES
	Claims	1, 2	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1, 2	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Document 1: JP, 6-230961, A (Motorola Inc.), August 19, 1994 (19.08.94), entire text; all drawings & US, 5694564, A & EP, 606697, A

The invention set forth in Claims 1 and 2 lacks novelty over Document 1 cited in the international search report.

PCT

国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)
[PCT18条、PCT規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 RR01-PCT	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP00/06070	国際出願日 (日.月.年) 06.09.00	優先日 (日.月.年) 08.09.99
出願人(氏名又は名称) 関 一		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、
第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

IntCl⁷ G06F 9/38

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

IntCl⁷ G06F 9/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2000年

日本国登録実用新案公報 1994-2000年

日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 6-230961, A (モトローラ・インコーポレイテッド) 19. 8月. 1994 (19. 08. 94) 全文, 全図 & US, 5694564, A & EP, 606697, A	1-2
Y	JP, 11-184696, A (日本電気株式会社) 9. 7月. 1999 (09. 07. 00) 段落番号【0022】-【0025】 (ファミリーなし)	1

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 11. 00

国際調査報告の発送日

28.11.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中野 裕二



5B

9462

電話番号 03-3581-1101 内線 3545

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 6-149569, A (沖電気工業株式会社) 27. 5月. 1994 (27. 05. 94) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-2
PX	JP, 2000-172505, A (株式会社日立製作所) 23. 6月. 2000 (23. 06. 00) 段落番号【0028】	1
PY	段落番号【0028】 (ファミリーなし)	2

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001年3月15日 (15.03.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/18645 A1

- (51) 国際特許分類: G06F 9/38 (81) 指定国 (国内): CA, CN, IN, JP, KR, US.
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/06070 (84) 指定国 (広域): ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (22) 国際出願日: 2000年9月6日 (06.09.2000)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。
特願平11/254149 1999年9月8日 (08.09.1999) JP
- (71) 出願人 および
- (72) 発明者: 関 一 (SEKI, Hajime) [JP/JP]; 〒790-0848 愛媛県松山市道後喜多町4番38号 Ehime (JP).

(54) Title: REGISTER RENAMING SYSTEM

(54) 発明の名称: レジスタ・リネーミング方式

R0	- 10 -
R1	- 11 -
R2	- 12 -
R3	- 13 -
R4	- 14 -
R5	- 15 -
R6	- 16 -
R7	- 17 -

F1	- 21 -
F2	- 22 -
F3	- 23 -
F4	- 24 -

- 28 -

(57) Abstract: A register renaming system for processing a large number of instructions per cycle by providing a processor having a super scalar architecture with a free list holding the numbers of the physical registers not assigned and a mapping table for writing a physical register number to each entry provided in correspondence with each logical register, and pipelining the detection of dependence of the instructions on one another.



(57) 要約:

スーパースカラ・アーキテクチャをとるプロセッサにおいて、割り付けられていない物理レジスタの番号を保持するフリー・リストと、各論理レジスタにそれぞれ対応して設けられた各エントリに物理レジスタ番号が書き込まれるようになっているマッピング・テーブルを備え、命令間の依存性の検出を前処理として行うようなパイプライン化によって、1サイクル当り多くの命令を処理できるレジスタ・リネーミング方式である。

明 細 書

レジスタ・リネーミング方式

5 技術分野

本発明は、out-of-order 実行の可能なスーパースカラ・アーキテクチャをとるプロセッサにおいて、1クロック・サイクル当り多くの命令の処理を可能とするようなレジスタ・リネーミング方式に関するものである。

10 背景技術

Out-of-order 実行の可能なスーパースカラ・アーキテクチャをとるプロセッサにおいては、アーキテクチャ上規定されている論理レジスタの数を上回る数の物理レジスタを備えており、動的レジスタ・リネーミングという手法が活用される。

15 すなわち、各サイクルごとに、複数の命令においてオペランドとして示される論理レジスタ番号を比べて依存関係を調べ、その依存関係が解消するように論理レジスタ番号をそれぞれ適切な物理レジスタ番号にリネームする。

レジスタ・リネーミングを実現するには、リオーダ・バッファを用いる
20 方式とマッピング・テーブルを用いる方式が知られている。リオーダ・バッファを用いる方式は、例えば、米国カリフォルニア州サンタクララ (Santa Clara) のインテル社 (Intel Corporation) から入手可能な商標ペンティアム (Pentium) プロセッサにおいて採用されている。マッピング・テーブルを用いる方式は、Keller, R. M. "Look-Ahead Processors."
25 Computing Surveys, Vol. 7, no. 4 (December 1975), pp. 177-195 に示されており、例えば、米国カリフォルニア州マウンテンビュー (Mountain View)

のMIPS社（MIPS Technologies, Inc.）から入手可能な商標 R10000 プロセッサにおいて採用されている。

5 リオーダ・バッファを用いる方式と比較して、マッピング・テーブルを用いる方式は、マッピング・テーブルをアクセスするためのステージが余分に必要となるが、命令間の依存性を調べる論理回路は比較的単純なものですむ。

スーパースカラ・プロセッサにおいては、より効率的にレジスタ・リネーミングを行い、1 サイクル当たりより多くの命令のデコード／発行を行うことによって、処理性能を向上させることが求められている。

10 しかしながら、1 サイクル当たりレジスタ・リネーミングを行う命令の数を現在の水準よりさらに増やすのは、そのための論理回路が極度に大規模なものとなるため困難であるという問題がある。

15 本発明は、上記問題点を解決するため創案されたものであり、その目的は、1 サイクル当たり処理できる命令の数を現在の水準よりさらに増やすことを可能とするレジスタ・リネーミング方式を提供することにある。

発明の開示

20 本発明によるレジスタ・リネーミング方式を採用するプロセッサは、フリーな、即ち、割り付けられていない物理レジスタの番号を保持するフリー・リスト、及び、各論理レジスタにそれぞれ対応して設けられた各エントリに物理レジスタ番号が書き込まれるようになっているマッピング・テーブルを備える。

25 本発明によるレジスタ・リネーミング方式は、命令間の依存性の検出を前処理として行うようなパイプライン化によって、1 サイクル当たりより多くの命令の処理を可能とするものである。

まず、同時にレジスタ・リネーミングが行われる複数の命令について

以下のような前処理が行われる。

(a) デスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対し、命令順の符号を付す。この符号は将来フリー・リストから取り出され割り付けられる物理レジスタ番号に置き換えられるべき指標である。

(b) ソース・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対し、同時にレジスタ・リネーミングが行われる命令と W A R (writ-after-read) 依存関係にある場合に、その依存関係にある命令のデスティネーション・オペランドに付される符号を付す。

上記のような前処理の後に、命令群中にオペランドとして示される論理レジスタ番号をそれぞれ適切な物理レジスタ番号にリネームする。符号を付された論理レジスタ番号は、それぞれ付された符号に対応してフリー・リストから取り出され割り付けられる物理レジスタ番号にリネームする。符号を付されていない論理レジスタ番号は、それぞれマッピング・テーブルをアクセスして得られる物理レジスタ番号にリネームする。

同じタイミングで、マッピング・テーブルの内容の更新が行われる。即ち、命令群中でデスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号にそれぞれ対応するマッピング・テーブルのエントリの内容を、それぞれ付された符号に対応して割り付けられる物理レジスタ番号に書き換える。複数の命令において同じ論理レジスタ番号がデスティネーション・オペランドとして示されている場合には、その中の最後方に位置する命令に関する書き込みが有効となる。

以上のように、2段階で行う、即ちパイプライン化することによって、比較的単純な回路を用いて、1サイクル当りより多くの命令のレジスタ・リネーミングを行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明のレジスタ・リネーミング方式を実現するために必要となるハードウェアのブロック図である。第2図は、本発明の一実施例において、ある命令列に関してレジスタ・リネーミングが行われる際の、マッピング・テーブル及び各Fレジスタの内容の変化を具体的に示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明によるレジスタ・リネーミング方式を実現する好ましい一実施例について、図面を参照しながら説明する。なお、以下に述べる本発明によるレジスタ・リネーミング方式を採用するプロセッサの実施例は、アーキテクチャ上はR0, R1, ... R7の8つの論理レジスタの存在を想定しているが、ハードウェアとしてはP00, P01, ... P31の32個の物理レジスタを備えるRISCマシンであり、1サイクル当たり4つまでの命令のレジスタ・リネーミングを行えるように構成されているものとする。

図1は本発明のレジスタ・リネーミング方式を実現するために必要となるハードウェアのブロック図であって、1はマッピング・テーブル、2はフリー・リストを表している。

次に、上記各構成要素ごとにその詳細な構成を説明する。

(A) マッピング・テーブル (MT)

図1に示されるように、本実施例においては、マッピング・テーブル(以下ではMTと記す) 1はR0, R1, ... R7の8つの論理レジスタにそれぞれ対応して設けられた10～17の8つのエントリで構成される。MTの各々のエントリは、1つの物理レジスタ番号が書き込まれる構成となっている。

(B) フリー・リスト (F L)

フリー・リスト (以下ではF Lと記す) は、フリーな、即ち、割り付けられていない物理レジスタの番号を保持するものである。

5 フリーな物理レジスタを割り付ける際に、F Lからフリーな物理レジスタの番号が取り出される。逆に、ある物理レジスタの割り付けを解除する際に、その物理レジスタの番号がF Lに登録されるようになっている。

図 1 に示されるように、本実施例においては、F L 2 はF レジスタ 2 1、2 2、2 3、2 4 とレジスタ・ファイル 2 8 を具備する。

10 各々のF レジスタは1つの物理レジスタ番号が書き込まれる構成となっており、F Lからフリーな物理レジスタの番号が取り出されるのは、F レジスタからとなっている。即ち、1 サイクルでレジスタ・リネーミングが行われる命令の数だけF レジスタが必要で、本実施例のプロセッサの場合、F1, F2, F3, F4 の4つのF レジスタを備えている。

15 F Lにあるレジスタ・ファイル 2 8 は、各々のエントリに1つの物理レジスタ番号が書き込まれるようになっており、循環型のF I F Oキューを構成する。即ち、割り付けが解除された物理レジスタの番号がキューの末尾に加えられ、物理レジスタ番号が取り出されたF レジスタにキューの先頭から物理レジスタ番号が補充されるようになっている。

20 ついで、本実施例におけるレジスタ・リネーミングの過程を説明する。

本実施例においては、①前処理、②レジスタ・リネーミングの実行及びMTの内容の更新、の2ステージで、レジスタ・リネーミングが行われる。以下に各ステージごとに動作内容を説明する。

① 前処理

25 同時にレジスタ・リネーミングが行われる複数の命令について以下のような前処理が行われる。

(1 a) デスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対し、@1, @2, ...と命令順の符号を付す。本実施例においては、符号@1, @2, @3, @4 は、F LにあるFレジスタ F1, F2, F3, F4 にそれぞれ対応するものである。

- 5 (1 b) ソース・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対し、同時にレジスタ・リネーミングが行われる命令とW A R (writ-after-read)依存関係にある場合に、その依存関係にある命令のデスティネーション・オペランドに付される符号を付す。即ち、2番目以降に位置する命令の各々において、ソース・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々をその命令以前に位置する命令のデスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号と比較し、一致する場合に同じ符号を付す。一致するものが複数個存在する場合には、その中の最後方に位置する命令におけるものを選択する。

② レジスタ・リネーミングの実行及びMTの内容の更新

- 15 上記のような前処理の後に、命令群中にオペランドとして示される論理レジスタ番号をそれぞれ適切な物理レジスタ番号にリネームし、MTの内容を更新する。具体的には、以下のような処理が行われる。

- 20 (2 a) 符号を付された論理レジスタ番号は、それぞれ付された符号に対応してF Lから取り出され割り付けられる物理レジスタ番号にリネームする。符号を付されていない論理レジスタ番号は、それぞれMTをアクセスして得られる物理レジスタ番号にリネームする。

- 25 (2 b) 命令群中でデスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号にそれぞれ対応するMTのエントリの内容を、それぞれ付された符号に対応して割り付けられる物理レジスタ番号に書き換える。複数の命令において同じ論理レジスタ番号がデスティネーション・オペランドとして示されている場合には、その中の最後方に位置する命

令に関する書き込みが有効となる。

以上が、本実施例におけるレジスタ・リネーミングの過程であるが、
 ついで、具体的な動作例について説明する。いま、本実施例のプロセッ
 サにおいて、以下のような4つの命令のレジスタ・リネーミングを行う
 5 ものとしよう。

命令1 mul R0, R1, R2 ; R0 = R1 * R2

命令2 mul R1, R3, R4 ; R1 = R3 * R4

命令3 add R0, R0, R1 ; R0 = R0 + R1

命令4 div R0, R0, R5 ; R0 = R0 / R5

10 以上の命令列は、それ以前に位置する命令によって、R1, R2, R3, R4, R5
 の各レジスタにそれぞれデータ D1, D2, D3, D4, D5 が入るものとして、
 {(D1*D2)+(D3*D4)}/D5 を計算し、レジスタ R0 に格納する、というも
 のである。

本実施例のプロセッサにおいて、上記命令列に関してレジスタ・リネ
 15 ーミングが行われる過程を、以下に詳細に説明する。

まず、レジスタ・リネーミングのための前処理が次のように行われる。

命令1 mul R0(@1), R1(none), R2(none)

命令2 mul R1(@2), R3(none), R4(none)

命令3 add R0(@3), R0(@1), R1(@2)

20 命令4 div R0(@4), R0(@3), R5(none)

即ち、各命令において命令コードの次に示されるデスティネーション
 ・レジスタ・オペランドに対して、それぞれ順に符号@1, @2, @3, @4 を
 付す。

25 2番目以降に位置する命令の各々において、各ソース・レジスタ・オペ
 ランドをその命令以前に位置する命令のデスティネーション・レジスタ・
 オペランドと比較し、一致する場合に同じ符号を付す。一致するものが

複数個存在する場合には、その中の最後方に位置する命令におけるものを選択する。

命令 1 においては、いずれのソース・オペランドにも符号を付すことはない。実際には、「符号を付されない」ソース・オペランドにはデフォルトの符号（例えば@0）が付されることになる。

命令 2 においては、各ソース・オペランドを命令 1 のデスティネーション・オペランド R0 と比較し、この場合一致するものはないので符号を付すことはない。

命令 3 においては、各ソース・オペランドを命令 1 及び 2 のデスティネーション・オペランドと比較し、この場合、第 1 ソース・オペランドが命令 1 のデスティネーション・オペランドと、第 2 ソース・オペランドが命令 2 のデスティネーション・オペランドと一致するので、それぞれ符号@1, @2 を付す。

命令 4 においては、各ソース・オペランドを命令 1、2 及び 3 のデスティネーション・オペランドと比較し、この場合、第 1 ソース・オペランドが命令 1 及び 3 のデスティネーション・オペランドと一致するので、後の方の命令 3 における符号@3 を付す。

以上のようなレジスタ・リネーミングのための前処理は、適切な回路を用いることにより 1 サイクルで実現される。

次サイクルにおいて、レジスタ・リネーミングの実行及び MT の内容の更新が行われるが、この時点の MT 及び FL にある各 F レジスタの内容が図 2 (A) に示されるようなものであるとしよう。

符号を付されたレジスタ・オペランドは、それぞれ付された符号に対応して FL から取り出され割り付けられる物理レジスタ番号にリネームする。また、符号を付されていないレジスタ・オペランドは、それぞれ MT を論理レジスタ番号でアクセスして得られる物理レジスタ番号にリ

ネームし、与えられた命令列は次のような内容に読み替えられる。

命令 1 mul P19, P03, P22

命令 2 mul P08, P29, P05

命令 3 add P27, P19, P08

5 命令 4 div P21, P27, P07

また、命令 1 ～ 4 におけるデスティネーション・オペランドにそれぞれ対応するMTのエントリの内容を、それぞれ付された符号に対応して割り付けられる物理レジスタ番号に書き換える。ここでは、図 2 (B) に示されるように、R0 及び R1 に対応するMTのエントリの内容がそれぞれ P21、P08 に書き換えられている。R0 に関しては、P19, P27, P21 の 3 重の割り付けが存在するが、MTには最後の P21 が書き込まれる。さらに、図 2 (B) に示されるように、物理レジスタ番号が取り出された各 F レジスタにフリーな物理レジスタの番号 P31, P01, P17, P14 が補充されている。

15 以上が、本実施例のプロセッサにおける、与えられた命令列に関するレジスタ・リネーミングの過程である。

また、前処理の段階で、マッピング・テーブルの内容の更新に関する論理レジスタ番号と符号の対応関係を確定しておくような構成とすることもできる。即ち、前処理の段階で、同時にレジスタ・リネーミングが行われる複数の命令において、同じ論理レジスタ番号がデスティネーション・オペランドとして示されている場合、その中の最後方に位置する命令以外は、マッピング・テーブルの内容の更新に関しては、無効であることを確定しておくようにする。

25 例えば、上述の動作例で、前処理の段階で、

命令 1 R0 → @ 1 : 無効

命令 2 R1 → @ 2 : 有効

命令 3 R0 → @ 3 : 無効

命令 4 R0 → @ 4 : 有効

5 と確定しておき、次サイクルにおいて、有効の場合のみ、付された符号に対応して割り付けられる物理レジスタ番号の書き込みを可とする。

以上のように、マッピング・テーブルの内容の更新に関しても前処理を行うような構成とすることで、さらなる回路の簡素化が可能となる。

産業上の利用可能性

10 以上のように、本発明のレジスタ・リネーミング方式によれば、命令間の依存性の検出を前処理として行うようなパイプライン化によって、比較的単純な回路を用いて、1 サイクル当りより多くの命令の処理が可能となる。

15

20

25

請 求 の 範 囲

1. アーキテクチャ上規定されている論理レジスタの数を上回る数の物理レジスタと、割り付けられていない物理レジスタの番号を保持するフリー・リストと、各論理レジスタにそれぞれ対応して設けられた各エントリに物理レジスタ番号が書き込まれるようになっているマッピング・テーブルとを具備する out-of-order 実行の可能なスーパースカラ・アーキテクチャを採用するプロセッサにおいて、

同時にレジスタ・リネーミングが行われる複数の命令において、

(a) デスティネーション・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対し命令順の符号を付し、

(b) ソース・オペランドとして示される論理レジスタ番号の各々に対し、同時にレジスタ・リネーミングが行われる命令と W A R (writ-after-read) 依存関係にある場合に、その依存関係にある命令のデスティネーション・オペランドに付される符号を付した後に、

符号を付された論理レジスタ番号は、それぞれ付された符号に対応して該フリー・リストから取り出され割り付けられる物理レジスタ番号にリネームし、符号を付されていない論理レジスタ番号は、それぞれ該マッピング・テーブルをアクセスして得られる物理レジスタ番号にリネームするようなレジスタ・リネーミング方式。

2. 1クロック・サイクル当りレジスタ・リネーミングを行う命令の数だけの各々1つの物理レジスタ番号が書き込まれるようになっているFレジスタと、各々のエントリに1つの物理レジスタ番号が書き込まれるようになっているレジスタ・ファイルで構成される循環型のF I F Oキューを具備し、

割り付けが解除された物理レジスタの番号を随時該キューの末尾に加

え、

Fレジスタから物理レジスタ番号が取り出されるのに応じて、物理レジスタ番号が取り出されたFレジスタに該キューの先頭から物理レジスタ番号を補充するようになっているフリー・リスト。

5

10

15

20

25

要 約 書

スーパースカラ・アーキテクチャをとるプロセッサにおいて、割り付けられていない物理レジスタの番号を保持するフリー・リストと、各論理レジスタにそれぞれ対応して設けられた各エントリに物理レジスタ番号が書き込まれるようになっているマッピング・テーブルを備え、命令間の依存性の検出を前処理として行うようなパイプライン化によって、1 サイクル当り多くの命令を処理できるレジスタ・リネーミング方式である。

第 1 図

R0	- 10 -
R1	- 11 -
R2	- 12 -
R3	- 13 -
R4	- 14 -
R5	- 15 -
R6	- 16 -
R7	- 17 -

1

F1	- 21 -
F2	- 22 -
F3	- 23 -
F4	- 24 -
- 28 -	

2

第 2 図

(A)

R0	P18
R1	P03
R2	P22
R3	P29
R4	P05
R5	P07
R6	P25
R7	P12

F1	P19
F2	P08
F3	P27
F4	P21

(B)

P21
P08
P22
P29
P05
P07
P25
P12

P31
P01
P17
P14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

JP00/06070

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G06F 9/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G06F 9/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 6-230961, A (Motorola Inc.), 19 August, 1994 (19.08.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-2
Y	JP, 11-184696, A (NEC Corporation), 09 July, 2000 (09.07.00), Par. Nos. [0022]-[0025] (Family: none)	1
A	JP, 6-149569, A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 27 May, 1994 (27.05.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-2
PX	JP, 2000-172505, A (Hitachi, Ltd.), 23 June, 2000 (23.06.00), Par. No. [0028]	1
PY	Par. No. [0028] (Family: none)	2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 November, 2000 (16.11.00)

Date of mailing of the international search report
28 November, 2000 (28.11.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

IntCl⁷ G06F 9/38

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

IntCl⁷ G06F 9/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2000年
日本国登録実用新案公報 1994-2000年
日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 6-230961, A (モトローラ・インコーポレイテッド) 19. 8月. 1994 (19. 08. 94) 全文, 全図 & US, 5694564, A & EP, 606697, A	1-2
Y	JP, 11-184696, A (日本電気株式会社) 9. 7月. 1999 (09. 07. 00) 段落番号【0022】-【0025】 (ファミリーなし)	1

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 11. 00

国際調査報告の発送日

28.11.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中野 裕二

5B

9462

電話番号 03-3581-1101 内線 3545